



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006114239/28, 25.04.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.04.2006

(45) Опубликовано: 20.07.2007 Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2219843 C1, 27.12.2003. SU 843572
A, 15.09.1983. SU 125842 A, 01.03.1960. DE
4427001 A1, 15.12.1994. US 6879711 B2,
12.04.2005.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, 19, ГОУ ВПО "УГТУ-
УПИ", Центр интеллектуальной собственности,
Н.П. Невраевой

(72) Автор(ы):

Черепанов Александр Николаевич (RU),
Шульгин Борис Владимирович (RU),
Иванов Владимир Юрьевич (RU),
Ищенко Алексей Владимирович (RU),
Райков Дмитрий Вячеславович (RU),
Смирнов Станислав Борисович (RU),
Петров Владимир Леонидович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

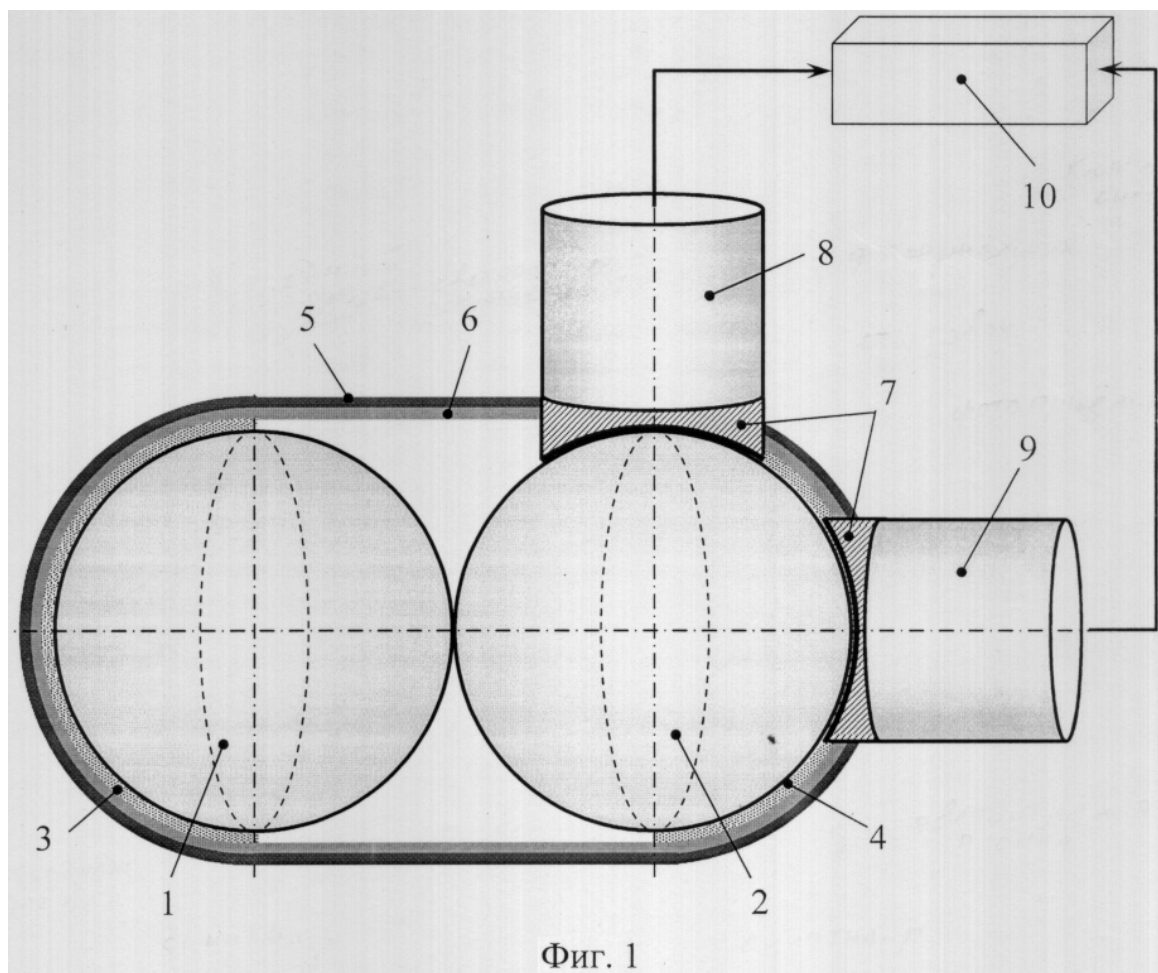
ГОУ ВПО "Уральский государственный
технический университет-УПИ" (RU)

(54) СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ДЕТЕКТОР

(57) Реферат:

Предложенное изобретение относится к области дозиметрии ионизирующих излучений и пригодно для использования в системах радиационного мониторинга объектов и территорий, в системах трансграничного таможенного контроля для регистрации бета-, гамма- и нейтронного излучений и смешанного излучения. Задачей настоящего изобретения является разработка сцинтилляционного детектора смешанных излучений с повышенной чувствительностью, обеспечивающей определение вклада каждого из компонентов смешанных излучений в общую дозу даже в случае, когда

уровень одного из видов излучения близок к уровню фона. Предложенный сцинтилляционный детектор содержит сцинтиллятор, включающий два соприкасающихся сцинтиллятора, фотоприемное устройство и блок электронной обработки сигналов, при этом каждый из соприкасающихся сцинтилляторов выполнен в виде шара и частично покрыт светоотражающим покрытием, оба они размещены в едином корпусе, покрытом внутри светопоглощающим покрытием, а фотоприемное устройство содержит по меньшей мере два фотоприемника, расположенных под углом 90° по отношению друг к другу. 2 ил., 3 табл.





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

G01T 1/20 (2006.01)**G01T 3/06** (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2006114239/28, 25.04.2006**(24) Effective date for property rights: **25.04.2006**(45) Date of publication: **20.07.2007 Bull. 20**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, 19, GOU VPO "UGTU-
UPI", Tsentr intellektual'noj sobstvennosti,
N.P. Nevraevoy**

(72) Inventor(s):

**Cherepanov Aleksandr Nikolaevich (RU),
Shul'gin Boris Vladimirovich (RU),
Ivanov Vladimir Jur'evich (RU),
Ishchenko Aleksej Vladimirovich (RU),
Rajkov Dmitrij Vjacheslavovich (RU),
Smirnov Stanislav Borisovich (RU),
Petrov Vladimir Leonidovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**GOU VPO "Ural'skij gosudarstvennyj
tekhnicheskij universitet-UPI" (RU)**

(54) SCINTILLATION DETECTOR

(57) Abstract:

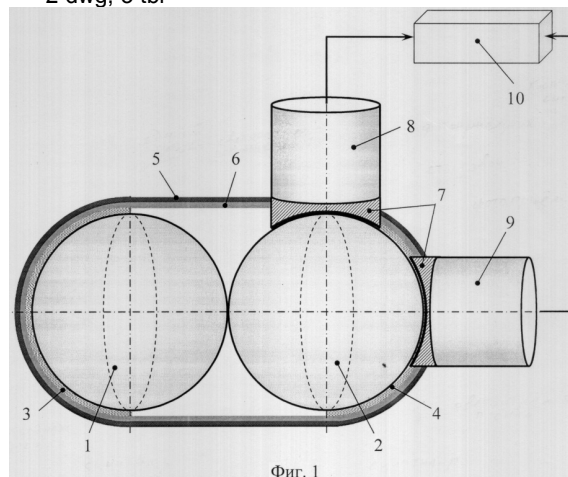
FIELD: dosimetry of ionizing radiations, possible use in systems for radiation monitoring of objects and territories, in systems of trans-boundary customs control for registration of beta-, gamma- and neutron radiations and mixed radiation.

SUBSTANCE: suggested scintillation detector contains scintillation block, including two contacting scintillators, photo-detection device and electronic signal processing block, while each one of contacting scintillators is made in form of a ball and is partially covered by light-reflecting cover, both being positioned in a single body, covered with light-absorbing cover on the inside, while photo-receiving device contains at least two photo-detectors positioned at 90° angle relatively to each other.

EFFECT: development scintillation detector of mixed radiations with increased sensitivity, ensuring distribution of investment of each

component of mixed radiations into common dose even in case when the level of one radiation type is close to background level.

2 dwg, 3 tbl



Изобретение относится к области дозиметрии ионизирующих излучений. Оно пригодно для использования в системах радиационного мониторинга объектов и территорий, в системах трансграничного таможенного контроля для регистрации бета-, гамма- и нейтронного излучений, особо пригодно для случаев одновременной регистрации смешанного излучения с выделением каждого из компонентов, даже если уровень одного из видов излучения близок к уровню фона.

Известен сцинтилляционный детектор нескольких излучений [Детектор нескольких излучений. Заявка ЕВП (ЕР) N 0311503, МПК⁷ G01T 1/00, 1/20, 1989]. Детектор имеет сцинтиблок, который включает два сцинтиллятора с зеленым и красным свечением, один из которых чувствителен к высокоэнергетическому излучению, а другой - к низкоэнергетическому, а также оптоэлектронный блок регистрации, выделяющий сигналы от датчиков с помощью светофильтров (зеленого и красного) и регистрирующий их с помощью фотодиодов.

Однако такой детектор имеет ограниченное применение. Он не пригоден для одновременной регистрации двух типов излучений в случае, когда уровень одного из видов излучения близок к уровню фона. Например, он не пригоден для одновременной регистрации нейтронного и гамма-излучения в случае, когда уровень нейтронного или гамма-излучения близок к уровню фона. Это обусловлено тем, что любой фотоприемник (а в известной заявке - это фотодиод) имеет низкую чувствительность при малых интенсивностях регистрируемых световых вспышек - сцинтилляций.

Известен сцинтилляционный детектор двух видов излучений: нейтронного и гамма-излучения [Патент США 4482808, МПК⁷ G01T 3/06, 1984]. Детектор содержит сцинтилляционный однокристалльный датчик, чувствительный одновременно к нейтронам и гамма-лучам, и блок электронной обработки сигналов, включающий в себя электронную схему селекции для разделения сигналов (импульсов), генерируемых нейтронами и гамма-лучами.

Однако любой однокристалльный датчик не является оптимальным для одновременной регистрации нейтронного и гамма-излучений в случае, когда уровень нейтронного или гамма-излучения близок к уровню фона. Это обусловлено тем, что любой фотоприемник имеет низкую чувствительность при низком уровне входного (светового) сигнала на начальном участке его рабочей характеристики. Таким образом известный сцинтилляционный детектор обладает низкой чувствительностью к смешанному излучению в случае, когда уровень одного из видов излучения близок к уровню фона.

Известен сцинтилляционный детектор двух видов излучений: бета- и гамма-излучения [Патент США № 3382368], включающий сцинтилляционный кристалл BaF₂ (плотность 4,88 г/см³) и фотоэлектронный умножитель. Детектор имеет малую длительность сцинтилляций (< 50 нс). Максимум спектра свечения кристалла BaF, используемого в виде цилиндра, лежит в ультрафиолетовой области спектра, $\lambda=220$ нм. Известный сцинтилляционный детектор двух видов излучения (бета- и гамма-излучения) регистрирует оба типа излучения одновременно, однако, он не позволяет разделять компоненты излучения и определять вклад каждого из видов излучений в общую дозу.

Наиболее близким к заявляемому является сцинтилляционный детектор нескольких видов излучений, точнее детектор, пригодный для регистрации быстрых и тепловых нейтронов или нейтронов и гамма-излучения [Патент РФ 2259573, МПК⁷ G01T 1/00, 1/20, 3/06, 27.08.2005, Бюл. №24]. Известный детектор содержит сцинтиблок, включающий два соприкасающихся сцинтиллятора: сцинтиллятор на основе органического водородсодержащего пластика, чувствительный к быстрым нейтронам, и стеклянный сцинтиллятор на основе ⁶Li-силикатного стекла, чувствительный к тепловым нейтронам и гамма-излучению, и фотоприемное устройство, а также блок электронной обработки сигналов. Сцинтилляторы выполнены в виде элементов с параллельными соприкасающимися гранями, обеспечивающими оптический контакт, причем органический сцинтиллятор выполнен в виде клина, а стеклянный в виде параллелепипеда, образуя вместе с фотоэлектронным умножителем единый сенсорный сцинтиблок, в котором

фотоэлектронный умножитель установлен с торца пластикового сцинтиллятора.

Однако известный детектор при одновременной регистрации быстрых и тепловых нейтронов не пригоден для определения вкладов каждого из них в общую дозу излучения, поскольку блок обработки сигналов работает в счетном режиме. В случае регистрации нейтронного и гамма-излучения известный детектор также не позволяет выделять компоненты излучений и их вклад в общую дозу, поскольку детектор работает в счетном режиме, и сигналы, получаемые от гамма-квантов и нейтронов, не различаются.

Задачей настоящего изобретения является разработка сцинтилляционного детектора смешанных излучений с повышенной чувствительностью, обеспечивающей определение вклада каждого из компонентов смешанных излучений в общую дозу даже в случае, когда уровень одного из видов излучения близок к уровню фона.

Это достигается за счет того, что сенсорный сцинтиблок предлагаемого сцинтилляционного детектора включает два сцинтиллятора, выполненных в виде двух соприкасающихся сцинтиллирующих шаров, частично покрытых светоотражающей пленкой и помещенных в единый корпус, внутренняя поверхность которого содержит светопоглощающее покрытие, а фотоприемное устройство сцинтиблока включает два фотоприемника (например, два фотоэлектронных умножителя или два фотодиода), расположенных под углом 90° относительно друг друга так, что один фотоприемник обеспечивает регистрацию сцинтилляций с обоих шаровидных сцинтилляторов, а второй фотоприемник - только с одного сцинтиллятора.

Предлагаемое изобретение поясняется чертежами:

- на фиг.1 представлена схема предлагаемого устройства;
- на фиг.2 представлена схема хода световых лучей, возникающих в результате сцинтилляций в различных точках сцинтилляторов.

Устройство содержит два сцинтиллятора 1 и 2 шаровидной формы, покрытых частично светоотражающей пленкой 3 и 4, помещенных в единый корпус 5 со светопоглощающим покрытием 6 изнутри. Сцинтиллятор 2 через стыковочные элементы 7, обеспечивающие оптический контакт, сопряжен с двумя фотоприемниками 8 и 9, работающими в токовом режиме, сигналы с которых поступают на блок обработки сигналов 10. Система оптических отражающих и поглощающих покрытий обеспечивает ход лучей при светосборе согласно схеме, представленной на фиг.2.

Устройство работает следующим образом. Смешанное ионизирующее излучение, попадая в шаровидные сцинтилляторы 1 и 2, вызывает в них сцинтилляции, световой поток которых пропорционален плотности потоков компонентов ионизирующего излучения w_1 и w_2 . Каждый из сцинтилляторов характеризуется своими коэффициентами α_{ij} преобразования потоков ионизирующих излучений в световые потоки:

Сцинтиллятор	Плотность потока излучения	
	w_1	w_2
1	α_{11}	α_{21}
2	α_{12}	α_{22}

За счет системы оптических отражающих и поглощающих покрытий и шаровидной формы сцинтилляторов только часть оптического излучения, созданного ионизирующим излучением в них, может быть собрана на входных окнах фотоприемников 8 и 9, коэффициент геометрического светосбора на которых равен β_{ij} :

Фотоприемник	Сцинтиллятор	
	1	2
8	β_{18}	β_{28}
9	β_{19}	β_{29}

Особенностью предлагаемого устройства является то, что сцинтилляции со сцинтиллятора 2 попадают как в фотоприемник 8, так и в фотоприемник 9, в то время как сцинтилляции со сцинтиллятора 1 не могут оказаться на фотоприемнике 8, т.е. $\beta_{18}=0$; они

попадают только в фотоприемник 9.

Коэффициенты геометрического светосбора сцинтилляций со сцинтиллятора 2 на фотоприемниках 8 и 9 (коэффициенты β_{28} и β_{29}) определяются как отношение площади входного окна фотоприемника (соответственно $S_{\Phi\P8}$ или $S_{\Phi\P9}$) к площади поверхности сцинтиллятора $S_{\text{Сц2}}$: $\beta_{28}=S_{\Phi\P8}/S_{\text{Сц2}}$; $\beta_{29}=S_{\Phi\P9}/S_{\text{Сц2}}$. Коэффициент геометрического светосбора сцинтилляций со сцинтиллятора 1 на фотоприемник 9 (коэффициент β_{19}) зависит от коэффициентов преломления сцинтилляторов и приближенно может быть оценен из следующих соображений. Передача света со сцинтиллятора 1 на сцинтиллятор 2 возможна, когда свет подходит изнутри к поверхности сцинтиллятора 1 под углом, не

превышающим критическое значение $\varphi_{\text{кр}}$, определяемое законами геометрической оптики: $\varphi_{\text{кр}}=\arcsin(1/n_1)$, где n_1 - коэффициент преломления сцинтиллятора 1. В противном случае происходит полное внутреннее отражение (см. фиг.2). Свет, вышедший из сцинтиллятора 1, фокусируется поверхностью сцинтиллятора 2 на фотоприемнике 9.

Можно считать, что между сцинтилляторами существует "окно" контакта, площадь $S_{\text{окно}}$ которого определяется критическим углом $\varphi_{\text{кр}}$ и радиусом r_1 сцинтиллятора 1:

$S_{\text{окно}} \approx (\pi/4)r_1^2\arcsin^2(1/n_1)$. В связи с этим коэффициент β_{19} равен отношению площади "окна" $S_{\text{окно}}$ к площади поверхности второго сцинтиллятора: $\beta_{19}\approx\arcsin^2(1/n_1)/8$.

Таким образом, коэффициенты β_{ij} равны:

Фотоприемник	Сцинтиллятор	
	1	2
8	$\beta_{18}=0$	$\beta_{28}=S_{\Phi\P8}/S_{\text{Сц2}}$
9	$\beta_{19}=\arcsin^2(1/n_1)/8$	$\beta_{29}=S_{\Phi\P9}/S_{\text{Сц2}}$

Далее фотоприемники 8 и 9 преобразуют световой поток сцинтилляций от сцинтилляторов в электрические токи $I_{\Phi\P9}$ и $I_{\Phi\P8}$. Бели эффективность преобразования световых потоков в электрический ток фотоприемниками 8 и 9 соответственно равна $\gamma_{\Phi\P1}$ и $\gamma_{\Phi\P2}$, то

$$\begin{cases} I_{\Phi\P8} = \gamma_{\Phi\P8} (w_1\alpha_{12} + w_2\alpha_{22})\beta_{28}; \\ I_{\Phi\P9} = \gamma_{\Phi\P9} [(w_1\alpha_{11} + w_2\alpha_{21})\beta_{19} + (w_1\alpha_{12} + w_2\alpha_{22})\beta_{29}]. \end{cases}$$

Если применять фотоприемники с одинаковыми параметрами ($\gamma_8=\gamma_9=\gamma$ и $S_{\Phi\P8}=S_{\Phi\P9}=S_{\Phi\P}$), то

$$\begin{cases} I_{\Phi\P8} = \gamma (w_1\alpha_{12} + w_2\alpha_{22}) \frac{S_{\Phi\P}}{S_{\text{Сц2}}}; \\ I_{\Phi\P9} = \gamma \left[(w_1\alpha_{11} + w_2\alpha_{21}) \frac{\arcsin^2(1/n_1)}{8} + (w_1\alpha_{12} + w_2\alpha_{22}) \frac{S_{\Phi\P}}{S_{\text{Сц2}}} \right]. \end{cases}$$

Из последнего выражения видно, что сигнал I_2 интенсивнее сигнала I_1 , т.к.

$$I_{\Phi\P9} = I_{\Phi\P8} + \underbrace{\gamma \frac{\arcsin^2(1/n_1)}{8} (w_1\alpha_{11} + w_2\alpha_{21})}_{>0}.$$

Таким образом, предлагаемое устройство будет более чувствительным, чем устройство, в котором раздельно используются два тракта регистрации излучения ($I_{\Phi\P9}>I_{\Phi\P8}$)

По величинам токов $I_{\Phi\P9}$ и $I_{\Phi\P8}$ можно определить вклад каждого из компонентов излучения.

Вариации.

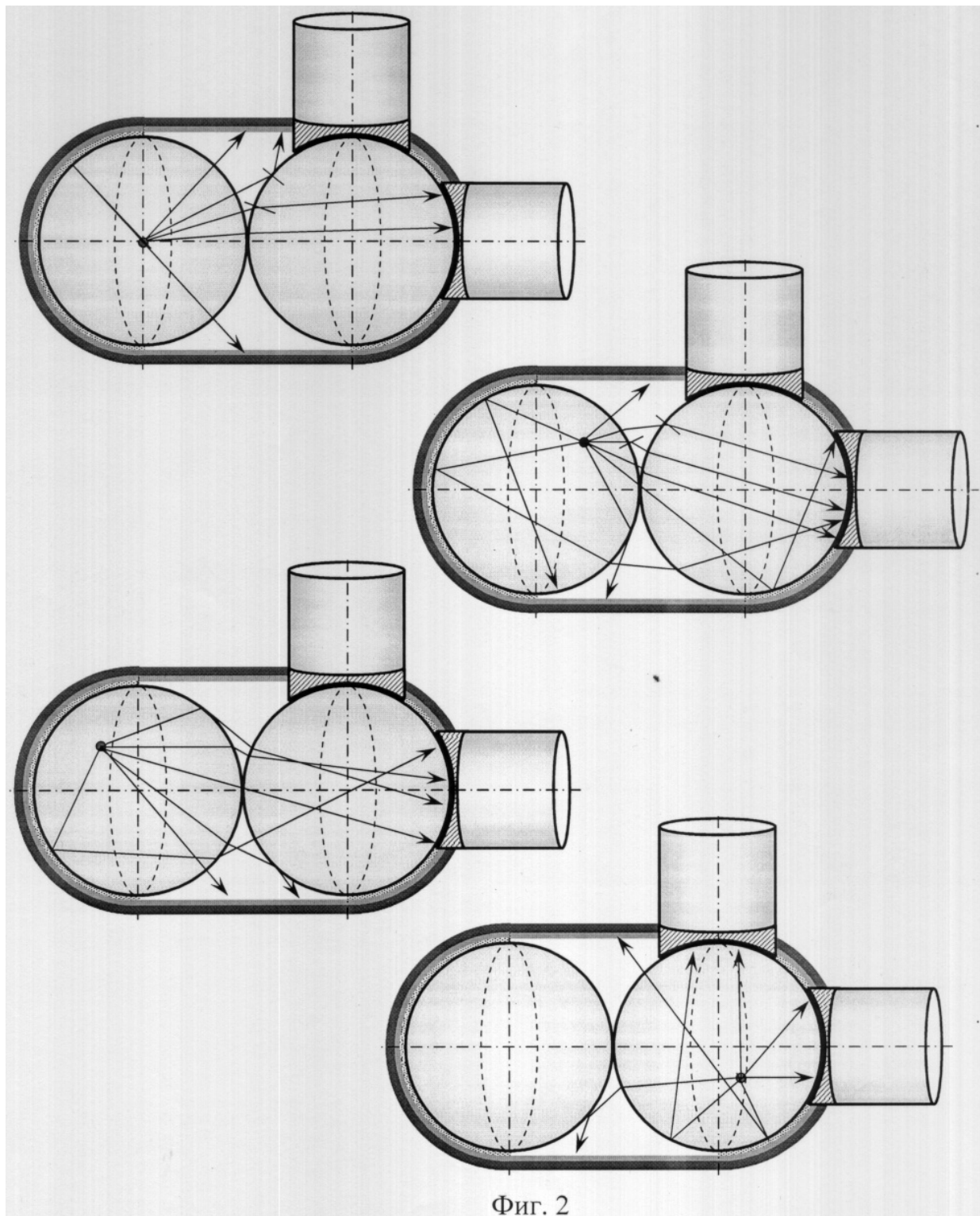
Если при этом использовать селективно чувствительные сцинтилляторы, т.е. сцинтилляторы такие, что сцинтиллятор 1 чувствителен только к первому типу излучения ($\alpha_{11}\neq 0, \alpha_{21}=0$), а сцинтиллятор 2 - только ко второму типу излучения ($\alpha_{12}=0, \alpha_{22}\neq 0$), то

$$\begin{cases} I_{\Phi\Pi8} = \gamma w_2 \alpha_{22} \frac{S_{\Phi\Pi}}{S_{\text{сц2}}}; \\ I_{\Phi\Pi9} = \gamma \left[w_1 \alpha_{11} \frac{\arcsin^2(1/n_1)}{8} + w_2 \alpha_{22} \frac{S_{\Phi\Pi}}{S_{\text{сц2}}} \right]. \end{cases}$$

Такой вариант можно использовать для регистрации слабых потоков ионизирующих излучений, например фона нейтронов при гамма-фоне. Пусть сцинтиллятор 1 (например, BGO) чувствителен к гамма-излучению, а сцинтиллятор 2 (например, $^6\text{Li, Ce}$ -стекло) чувствителен к нейтронам. Тогда ток $I_{\Phi\Pi9}$, вызванный нейтронами, будет находиться не интервале от 0 до I_{max} (как это имеет место для обычных сцинтилляционных детекторов на базе литиевых стекол), а в интервале от $I_{\Phi\Pi8}$ до $I_{\Phi\Pi8} + I_{\text{max}}$. В таком устройстве можно избежать влияния темнового тока $I_{\text{темн}}$ ФЭУ на измерения, если $I_{\text{темн}} < I_{\Phi\Pi8}$. Более того, в таком устройстве фотоприемник 9 работает в токовом режиме, а не в импульсном, что обеспечивает моментальность определения нейтронного фона.

Формула изобретения

Сцинтилляционный детектор, содержащий сцинтиблок, включающий два соприкасающихся сцинтиллятора, фотоприемное устройство, и блок электронной обработки сигналов, отличающийся тем, что каждый из соприкасающихся сцинтилляторов выполнен в виде шара и частично покрыт светоотражающим покрытием, оба они размещены в едином корпусе, покрытом внутри светопоглощающим покрытием, а фотоприемное устройство содержит по меньшей мере два фотоприемника, расположенных под углом 90° по отношению друг к другу.



Фиг. 2



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

ММ4А - Досрочное прекращение действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

(21) Регистрационный номер заявки: **2006114239**

Дата прекращения действия патента: **26.04.2008**

Извещение опубликовано: **20.03.2010** БИ: **08/2010**

RU 2 303 278 C1

RU 2 303 278 C1